

(11)Publication number : 2000-137528  
(43)Date of publication of application : 16.05.2000

G01F 1/42

**G05D 16/20**

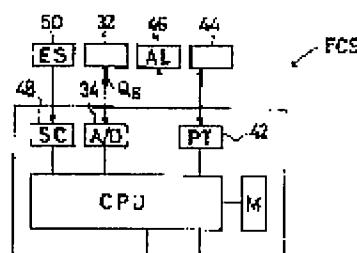
(71)Applicant : OMI TADAHIRO  
TOKYO ELECTRON LTD  
FUJIKIN INC

(72)Inventor : OMI TADAHIRO  
IIDA SEIICHI  
KAGATSUME SATORU  
HIROSE JUN  
UNO TOMIO  
NISHINO KOJI  
IKEDA SHINICHI  
YAMAJI MICHIO  
DOI RYOSUKE  
IDETA EIJI  
HIROSE TAKASHI  
YOSHIKAWA KAZUHIRO  
KOGAI MUTSUNORI

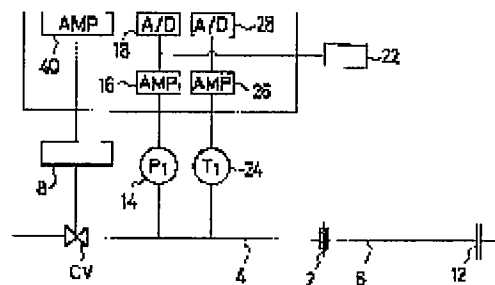
Priority number : 10236653      Priority date : 24.08.1998      Priority country : JP

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To judge clogging with simple operation without disassembling piping by comparing reference pressure attenuation data when an orifice is not clogged with pressure attenuation data at the time of an actual operation and judging the propriety of clogging according to whether or not they are dissociated for not less than a prescribed degree.



SOLUTION: A setting flow rate is held to a high setting flow rate. The high setting flow rate is switched to a low setting flow rate and it is kept. Upper stream side pressure is measured and pressure attenuation data is obtained. Reference pressure attenuation data measured when an orifice is not clogged and pressure attenuation data obtained by measurement are compared with same conditions. When pressure attenuation data is dissociated from reference pressure attenuation data for not less than a prescribed degree, clogging is reported. The clogging detector is constituted of a central processing unit CPU, a memory device for data storage M, a communication part PT 42 with outside, the outer circuit 4 of a trigger circuit, an alarm circuit 46 at the time of clogging, a power source circuit SC 48 and the outer power source 50 of  $\pm 15$  V, for example.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 29.10.2001

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

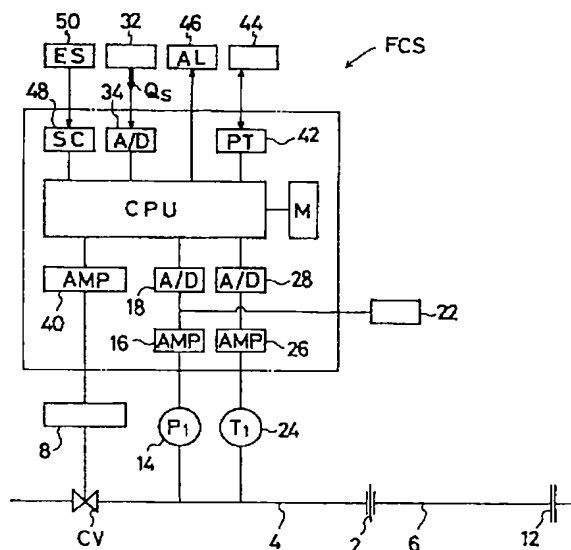
[Patent number] 3546153

[Date of registration] 16.04.2004

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]



【特許請求の範囲】

【請求項1】 コントロール弁（CV）とオリフィス（2）とこれらの間の上流側圧力 $P_1$ を検出する圧力検出器（14）と流量設定回路（32）からなり、上流側圧力 $P_1$ を下流側圧力 $P_2$ の約2倍以上に保持して下流側の流量 $Q_c$ を $Q_c = K P_1$ （ $K$ ：定数）で演算し、この演算流量 $Q_c$ と設定流量 $Q_s$ との差信号 $Q_v$ によりコントロール弁（CV）を開閉制御する流量制御装置において、設定流量 $Q_s$ を高設定流量 $Q_{sh}$ に保持する第1工程と、この高設定流量 $Q_{sh}$ を低設定流量 $Q_{sl}$ に切

換えて保持し上流側圧力 $P_1$ を測定して圧力減衰データ $P(t)$ を得る第2工程と、同条件でオリフィスに目詰りがないときに測定された基準圧力減衰データ $Y(t)$ と前記圧力減衰データ $P(t)$ とを対比する第3工程と、圧力減衰データ $P(t)$ が基準圧力減衰データ $Y(t)$ より所定度以上開離したときに目詰まりを報知する第4工程からなる圧力式流量制御装置におけるオリフィス目詰検出方法。

【請求項2】 前記高設定流量 $Q_{sh}$ は100%流量（フルスケール流量）であり、低設定流量 $Q_{sl}$ は0%流量（コントロール弁を完全閉鎖）であり、低設定流量に切

換えてから所定時間後の圧力減衰データ $P(t)$ が基準圧力減衰データ $Y(t)$ よりも基準値以上開離している場合に目詰まりを報知する請求項1記載の圧力式流量制御装置におけるオリフィス目詰検出方法。

【請求項3】 基準圧力減衰データ $Y(t)$ 及び圧力減衰データ $P(t)$ を、 $Y(t) = \exp(-kt)$ （但し、 $k$ は減衰パラメータである）の形で表すようにした請求項1又は請求項2に記載のオリフィス目詰検出方法。

【請求項4】 コントロール弁（CV）とオリフィス（2）とこれらの間の上流側圧力 $P_1$ を検出する圧力検出器（14）と流量設定回路（32）からなり、上流側圧力 $P_1$ を下流側圧力 $P_2$ の約2倍以上に保持して下流側の流量 $Q_c$ を $Q_c = K P_1$ （ $K$ ：定数）で演算し、この演算流量 $Q_c$ と設定流量 $Q_s$ との差信号 $Q_v$ によりコントロール弁（CV）を開閉制御する流量制御装置において、設定流量 $Q_s$ を高設定流量 $Q_{sh}$ に保持する第1工程と、この高設定流量 $Q_{sh}$ を低設定流量 $Q_{sl}$ に切

換えて保持し、上流側圧力 $P_1$ 及び上流側温度 $T_t$ を測定する

10

20

30

40

50

ルスケール流量）であり、低設定流量 $Q_{sl}$ は0%流量（コントロール弁を完全閉鎖）であり、低設定流量に切換えてから所定時間後の圧力減衰データ $P(t)$ が基準圧力減衰データ $Y(t)$ よりも基準値以上開離している場合に目詰まりを報知する請求項4記載の圧力式流量制御装置におけるオリフィス目詰検出方法。

【請求項6】 基準圧力減衰データ $Y(t)$ 及び圧力減衰データ $P(t)$ を、

【数1】

$$Y(t)(\text{又は}P(t)) = \frac{C_o \sqrt{R_o \cdot T_o}}{C_t \sqrt{R_t \cdot T_t}} \times \text{LN} \frac{P_t}{P_o}$$

（但し、 $P_o \cdot C_o \cdot R_o \cdot T_o$ は基準時のガスの上流側圧力・ガス比熱比の定数・ガス定数・ガス温度、 $P_t \cdot C_t \cdot R_t \cdot T_t$ は到達時のガスの上流側圧力・ガス比熱比の定数・ガス定数・ガス温度である。）として演算するようにした請求項4又は請求項5に記載のオリフィス目詰検出方法。

【請求項7】 コントロール弁（CV）とオリフィス（2）とこれらの間の上流側圧力 $P_1$ を検出する圧力検出器（14）と流量設定回路（32）からなり、上流側圧力 $P_1$ を下流側圧力 $P_2$ の約2倍以上に保持して下流側の流量 $Q_c$ を $Q_c = K P_1$ （ $K$ ：定数）で演算し、この演算流量 $Q_c$ と設定流量 $Q_s$ との差信号 $Q_v$ によりコントロール弁を開閉制御する流量制御装置において、オリフィス（2）に目詰りがない条件下で高設定流量 $Q_{sh}$ から低設定流量 $Q_{sl}$ に切換えて測定された上流側圧力 $P_1$ の基準圧力減衰データ $Y(t)$ を記憶したメモリ装置 $M$ と、オリフィス（2）の実際条件下で高設定流量 $Q_{sh}$ から低設定流量 $Q_{sl}$ に切換えて上流側圧力 $P_1$ の圧力減衰データ $P(t)$ を測定する前記圧力検出器（14）と、圧力減衰データ $P(t)$ と基準圧力減衰データ $Y(t)$ とを対比演算する中央演算処理装置 $CPU$ と、圧力減衰データ $P(t)$ が基準圧力減衰データ $Y(t)$ より所定度以上開離すると目詰まりを報知するアラーム回路（46）からなる圧力式流量制御装置におけるオリフィス目詰検出装置。

【請求項8】 基準圧力減衰データ $Y(t)$ 及び圧力減衰データ $P(t)$ を、 $Y(t)$ （又は $P(t)$ ） $= \exp(-kt)$ （但し、 $k$ は減衰パラメータである）の形で表すようにした請求項7に記載のオリフィス目詰検出装置。

【請求項9】 コントロール弁（CV）とオリフィス（2）とこれらの間の上流側圧力 $P_1$ を検出する圧力検出器（14）と流量設定回路（32）からなり、上流側圧力 $P_1$ を下流側圧力 $P_2$ の約2倍以上に保持して下流側の流量 $Q_c$ を $Q_c = K P_1$ （ $K$ ：定数）で演算し、この演算流量 $Q_c$ と設定流量 $Q_s$ との差信号 $Q_v$ によりコントロール弁を開閉制御する流量制御装置において、オリフィス上流側圧力 $P$ を測定する圧力検出器（14）

と、オリフィス上流側温度 $T$ を検出する温度検出器(24)と、オリフィス(2)に目詰まりがない条件下で高設定流量 $Q_{sh}$ から低設定流量 $Q_{sl}$ に切換えて測定した上流側圧力 $P_1$ 及び上流側温度 $T_1$ を用いて演算した上流側圧力 $P_1$ の基準圧力減衰データ $Y(t)$ を記憶したメモリ装置 $M$ と、前記基準圧力減衰データ $Y(t)$ を演算すると共に、オリフィス(2)の実際条件下で高設定流量 $Q_{sh}$ から低設定流量 $Q_{sl}$ に切換えて測定した上流側圧力 $P_1$ 及び上流側温度 $T_1$ を用いて上流側圧力 $P_1$ の圧力減衰データ $P(t)$ を演算し、更に当該圧力減衰データ $P(t)$ と前記基準圧力減衰データ $Y(t)$ とを対比演算する中央演算処理装置 $CPU$ と、圧力減衰データ $P(t)$ が基準圧力減衰データ $Y(t)$ より所定度以上開離すると目詰まりを報知するアラーム回路(46)からなる圧力式流量制御装置におけるオリフィス目詰検出装置。

【請求項10】 基準圧力減衰データ $Y(t)$ 及び圧力減衰データ $P(t)$ を、

【数2】

$$Y(t)(\text{又は } P(t)) = \frac{C_0 \sqrt{R_0 \cdot T_0}}{C_1 \sqrt{R_1 \cdot T_1}} \times \frac{P_1}{P_0}$$

(但し、 $P_0 \cdot C_0 \cdot R_0 \cdot T_0$ は基準時のガスの上流側圧力・ガス比熱比の定数・ガス定数・ガス温度、 $P_1 \cdot C_1 \cdot R_1 \cdot T_1$ は到達時のガスの上流側圧力・ガス比熱比の定数・ガス定数・ガス温度である)として演算するようにした請求項9に記載のオリフィス目詰検出装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は半導体や化学品、薬品、精密機械部品等の製造に用いるガス等の各種流体の圧力式流量制御装置に関し、更に詳細には、オリフィス孔が目詰まりを生じた際にその目詰まりを検出する方法およびその検出装置に関する。

【0002】

【従来の技術】従来、半導体製造施設や化学薬品製造施設の流体供給装置であって高精度な流量制御を必要とするものは、その殆んどがマスフローコントローラを用いてきた。

【0003】しかし、マスフローコントローラには、①熱式流量センサの場合応答速度が比較的遅いこと、②低流量域における制御精度が悪いこと、③製品毎に精度のバラツキがあること、④作動上トラブルが多くて安定性に欠けること、⑤製品価格が高い上、交換用部品も高価であってランニングコストが高くつくこと、等の様々な不都合が存在した。

【0004】そこで、本発明者等はこれらの欠点を改善すべく鋭意研究した結果、特開平8-338546号公報に示すオリフィスを用いた圧力式流量制御装置を開発

するに到った。

【0005】この圧力式流量制御装置の特徴は次の点にある。オリフィス前後の気体の圧力比 $P_2/P_1$

( $P_1$ :上流側圧力、 $P_2$ :下流側圧力)が気体の臨界圧力比(空気や窒素等の場合は約0.5)以下になると、オリフィスを通る気体の流速が音速となって、オリフィス下流側の圧力変動が上流側に伝達しなくなり、オリフィス上流側の状態に相応した安定な質量流量を得ることができる。

10 【0006】即ち、オリフィス径が一定の場合、上流側圧力 $P_1$ を下流側圧力 $P_2$ の約2倍以上に設定すると、オリフィスを流通する下流側流量 $Q_c$ は上流側圧力 $P_1$ にのみ依存し、 $Q_c = K P_1$ ( $K$ :定数)という直線関係が高精度に成立している。即ち、オリフィス径が同一なら、この定数 $K$ も一定となる。

【0007】図12を用いてこの圧力式流量制御装置の構成を説明する。オリフィス2の上流側流路4は駆動部8により開閉されるコントロール弁 $CV$ に連結され、下流側流路6はガス取出用継手12を介して流体反応装置

20 (図示せず)に接続されている。

【0008】オリフィス上流側圧力 $P_1$ は圧力検出器14により検出され、増幅回路16を介して圧力表示器22に表示される。また、その出力は $A/D$ 変換器18を通してデジタル化され、演算回路20によりオリフィスの下流側流量 $Q$ が $Q = K P_1$ ( $K$ :定数)により算出される。

【0009】一方、温度検出器24により検出された上流側温度 $T_1$ は増幅回路26、 $A/D$ 変換器28を介して温度補正回路30に出力され、前記流量 $Q$ が温度補正されて、演算流量 $Q_c$ が比較回路36に出力される。ここでは、演算回路20と温度補正回路30と比較回路36をまとめて演算制御回路38と呼ぶ。

30

【0010】流量設定回路32からは $A/D$ 変換器34を介して設定流量 $Q_s$ が出力され、比較回路36に送信される。比較回路36では演算流量 $Q_c$ と設定流量 $Q_s$ の差信号 $Q_v$ が $Q_v = Q_c - Q_s$ によって算出され、増幅回路40を介して駆動部8に出力される。この駆動部8は差信号 $Q_v$ が零になる方向にコントロール弁 $CV$ を開閉制御して、下流側流量が設定流量に等しくなるように制御するものである。

40

【0011】

【発明が解決しようとする課題】この圧力式流量制御装置は上流側圧力 $P_1$ を検出するだけで下流側流量を高精度に制御できる点で優れているが、オリフィスを使用するためにその微細孔が目詰りするという弱点を有している。オリフィスはミクロンオーダーのオリフィス孔であり、このオリフィス孔がゴミ等で目詰りし、流量制御が不可能になることがある。

【0012】流量制御される配管の内部は高度に清浄化されていなければならないが、配管時のキリコ、ゴミ等

が残留する可能性がある。オリフィスが目詰まりを生じた場合には、流量制御ができないためにプラント全体が不安定になり、大量の不良品を発生することになる。またガス流体の種類によっては化学反応が暴走して爆発事故が起こる危険性もあった。これを防止するために、配管内にガスケットフィルタを内蔵することも検討されたが、配管のコンダクタンスに影響を与える欠点を有する。

【0013】図13にはオリフィスに目詰まりが発生した場合の流量特性が示されている。バージ後流量特性とは目詰まりがない場合の特性であり、例えば、図13に於いて設定値を100%と指示した場合には、目詰まりがなければ $N_2$ ガスは563.1 SCCM (O印) 流れるはずである。後続の反応系は全て期待通りの流量で設計されている。ところが目詰まりがあると、この場合には485 SCCM (□印) しか流れず、設計通りの反応が期待できなくなる。但し、SCCMは標準状態の下に於ける1分間当りのガスの流量(cc)を表わすものである。

【0014】このように、オリフィスに目詰まりが生じると、流量が設定値よりも低下する現象が出現する。半導体や化学プラントでは、原料ガスに過不足が生じた場合には爆発が発生したり、製品に大量の損害が生じ、オリフィスの目詰まりをどのように検出するかが大きな課題とされていた。

【0015】

【課題を解決するための手段】本発明は上記欠点を改善するためになされたものであり、請求項1に記載の圧力式流量制御装置におけるオリフィス目詰検出方法は、コントロール弁とオリフィスとこれらの間の上流側圧力を検出する圧力検出器と流量設定回路からなり、上流側圧力 $P_1$ を下流側圧力 $P_2$ の約2倍以上に保持して下流側の流量 $Q_c$ を $Q_c = K P_1$  ( $K$ :定数)で演算し、この演算流量 $Q_c$ と設定流量 $Q_s$ との差信号 $Q_v$ によりコントロール弁を開閉制御する流量制御装置において、設定流量 $Q_s$ を高設定流量 $Q_{sH}$ に保持する第1工程と、この高設定流量 $Q_{sH}$ を低設定流量 $Q_{sL}$ に切換えて保持し上流側圧力 $P_1$ を測定して圧力減衰データ $P(t)$ を得る第2工程と、同条件でオリフィスに目詰まりがないときに測定された基準圧力減衰データ $Y(t)$ と前記圧力減衰データ $P(t)$ とを対比する第3工程と、圧力減衰データ $P(t)$ が基準圧力減衰データ $Y(t)$ より所定度以上開離したときに目詰まりを報知する第4工程から構成されている。

【0016】請求項4に記載の圧力式流量制御装置における目詰検出方法は、コントロール弁CVとオリフィス2とこれらの間の上流側圧力 $P_1$ を検出する圧力検出器14と流量設定回路32からなり、上流側圧力 $P_1$ を下流側圧力 $P_2$ の約2倍以上に保持して下流側の流量 $Q_c$ を $Q_c = K P_1$  ( $K$ :定数)で演算し、この演算流量 $Q_c$

と設定流量 $Q_s$ との差信号 $Q_v$ によりコントロール弁CVを開閉制御する流量制御装置において、設定流量 $Q_s$ を高設定流量 $Q_{sH}$ に保持する第1工程と、この高設定流量 $Q_{sH}$ を低設定流量 $Q_{sL}$ に切換えて保持し、上流側圧力 $P_1$ 及び上流側温度 $T$ を測定すると共にこの測定値を用いて圧力減衰データ $P(t)$ を演算する第2工程と、同条件で、オリフィスに目詰まりがないときに測定した上流側圧力 $P_1$ 及び上流側温度 $T$ を用いて演算した基準圧力減衰データ $Y(t)$ と、前記圧力減衰データ $P(t)$ とを対比する第3工程と、圧力減衰データ $P(t)$ が基準圧力減衰データ $Y(t)$ より所定度以上開離したときに目詰まりを報知する第4工程から構成されている。

【0017】また、請求項7に記載の圧力式流量制御装置におけるオリフィス目詰検出装置は、コントロール弁とオリフィスとこれらの間の上流側圧力を検出する圧力検出器と流量設定回路からなり、上流側圧力 $P_1$ を下流側圧力 $P_2$ の約2倍以上に保持して下流側の流量 $Q_c$ を $Q_c = K P_1$  ( $K$ :定数)で演算し、この演算流量 $Q_c$ と設定流量 $Q_s$ との差信号 $Q_v$ によりコントロール弁を開閉制御する流量制御装置において、オリフィスに目詰まりがない条件下で高設定流量 $Q_{sH}$ から低設定流量 $Q_{sL}$ に切換えて測定された上流側圧力 $P_1$ の基準圧力減衰データ $Y(t)$ を記憶したメモリ装置と、オリフィスの実際条件下で高設定流量 $Q_{sH}$ から低設定流量 $Q_{sL}$ に切換えて、上流側圧力 $P_1$ の圧力減衰データ $P(t)$ を測定する前記圧力検出器と、圧力減衰データ $P(t)$ と基準圧力減衰データ $Y(t)$ とを対比演算する中央演算処理装置と、圧力減衰データ $P(t)$ が基準圧力減衰データ $Y(t)$ より所定度以上開離すると目詰まりを報知するアラーム回路から構成されている。

【0018】請求項9に記載の圧力式流量制御装置に於けるオリフィス目詰検出装置は、コントロール弁CVとオリフィス2とこれらの間の上流側圧力 $P_1$ を検出する圧力検出器14と流量設定回路32からなり、上流側圧力 $P_1$ を下流側圧力 $P_2$ の約2倍以上に保持して下流側の流量 $Q_c$ を $Q_c = K P_1$  ( $K$ :定数)で演算し、この演算流量 $Q_c$ と設定流量 $Q_s$ との差信号 $Q_v$ によりコントロール弁を開閉制御する流量制御装置において、オリフィス上流側圧力 $P$ を測定する圧力検出器14と、オリフィス上流側温度 $T$ を検出する温度検出器24と、オリフィス2に目詰まりがない条件下で高設定流量 $Q_{sH}$ から低設定流量 $Q_{sL}$ に切換えて測定した上流側圧力 $P_1$ 及び上流側温度 $T$ を用いて演算した上流側圧力 $P_1$ の基準圧力減衰データ $Y(t)$ を記憶したメモリ装置Mと、前記基準圧力減衰データ $Y(t)$ を演算すると共に、オリフィス2の実際条件下で高設定流量 $Q_{sH}$ から低設定流量 $Q_{sL}$ に切換えて測定した上流側圧力 $P_1$ 及び上流側温度 $T$ を用いて上流側圧力 $P_1$ の圧力減衰データ $P(t)$ を演算し、更に当該圧力減衰データ $P(t)$ と前記基準

圧力減衰データ  $Y(t)$  とを対比演算する中央演算処理装置 CPU と、圧力減衰データ  $P(t)$  が基準圧力減衰データ  $Y(t)$  より所定度以上開離すると目詰まりを報知するアラーム回路 46 から構成されている。

【0019】

【発明の実施の形態】本発明は、図 12 と同様の圧力式流量制御装置に用いるオリフィス目詰検出方法と目詰検出装置に関するものであり、圧力式流量制御装置が動作する前提条件は同一である。即ち、上流側圧力  $P_1$  を下流側圧力  $P_2$  の約 2 倍以上に設定した場合には、オリフィスの下流側流量  $Q_c$  は上流側圧力  $P_1$  にのみ依存し、 $Q_c = K P_1$  という線形条件が高精度に成立している。オリフィスが同一の場合には比例定数  $K$  は一定となり、オリフィス孔の異なるオリフィスに変換する場合にのみ定数  $K$  を変更すればよい。

【0020】従って、特定の流体を一定の流量  $Q_s$  に制御するには、上流側圧力  $P_1$  を  $P_1 = Q_s / K$  の値になるようにコントロール弁 CV を開閉制御すればよいことになる。即ち、上流側圧力  $P_1$  を常時測定しながら、それに一対一の対応の関係でコントロール弁 CV を開閉すればよいのである。

【0021】

【実施例】図 1 は本発明に係る流量制御装置における目詰検出装置の一例を示している。本装置は図 12 の装置と機能的に同等であるが、マイクロコンピュータ制御である点で異なる。従って、図 12 と同一部分には同一番号を付してその説明を省略し、異なる符号および詳細点を以下に説明する。

【0022】CPU は中央演算処理装置で、図 12 の演算制御回路 38 に相当し、M はデータ記憶用のメモリ装置、42 は外部との通信ポート PT、44 はトリガー回路等の外部回路、46 は目詰まり時のアラーム回路、48 は電源回路 SC、50 は  $\pm 15V$  の外部電源である。AMP は増幅回路、A/D は A/D 変換器を表わしている。

【0023】コントロール弁 CV としては、所謂ダイレクトタッチ型のメタルダイヤフラム弁が使用されており、またその駆動部 8 には、圧電素子型駆動装置が使用されている。尚、コントロール弁 CV の駆動部 8 にはこの他に、磁歪素子型駆動装置やソレノイド型駆動装置、モータ型駆動装置、空気圧型駆動装置、熱膨張型駆動装置が用いられる。

【0024】圧力検出器 14 には半導体歪型圧力センサが使用されているが、この他に、金属箔歪型圧力センサや静電容量型圧力センサ、磁気抵抗型圧力センサ等の使用も可能である。

【0025】温度検出器 24 には熱電対型温度センサが使用されているが、測温抵抗型温度センサー等の公知の各種温度センサが使用できる。

【0026】また、オリフィス 2 には、板状の金属薄板

製ガスケットに切削加工によって孔部を設けたオリフィスが使用されているが、この他に極細パイプやエッチング及び放電加工により金属膜に孔を形成したオリフィス等、公知のオリフィスを使用することもできる。

【0027】オリフィスを用いた流量制御装置を FCS と略称するが、図 1 に示した流量制御装置 FCS は、本発明に係るオリフィス目詰検出装置を組み込んだものである。次に、図 1 に示す流量制御装置 FCS の通常の流量制御モードを図 2 のフローチャートにより説明する。

【0028】図 2 はプラント運転時における流量制御のフローチャートであり、メモリ装置 M に記憶されたプログラムに従って中央演算処理装置 CPU により実行される。ステップ n1 で流量制御モードであることが確認 (Y) されると、流量設定回路 32 から流量設定信号 (設定流量)  $Q_s$  が入力される (n2)。圧力検出器 14 により上流側圧力  $P_1$  が測定され (n3)、増幅回路 16 および A/D 変換器 18 を介して中央演算処理装置 CPU により下流側流量  $Q$  が  $Q = K P_1$  ( $K$ : 定数) を通して演算される (n4)。

【0029】同時に、上流側温度  $T_1$  が温度検出器 24 により検出され (n5)、増幅回路 26 および A/D 変換器 28 を介して前記装置 CPU に入力され、このデータに基づいて流量の温度補正が行なわれ、流量  $Q$  が演算流量  $Q_c$  へと変換される (n6)。装置 CPU の中では、演算流量  $Q_c$  と設定流量  $Q_s$  の差  $Q_v$  が  $Q_v = Q_c - Q_s$  により算出される (n7)。

【0030】この流量差信号  $Q_v$  が零になるように、コントロール弁 CV を以下のステップで制御する。まず  $Q_v < 0$  の場合 (n8) にはコントロール弁 CV を開方向に駆動部 8 により制御し (n9)、また  $Q_v > 0$  の場合 (n10) コントロール弁 CV を閉方向に駆動 (n11) して、ステップ n3 に戻る。 $Q_v = 0$  の場合には、流量制御が完成したものととしてコントロール弁 CV を現在の開度で固定する (n12)。流量差  $Q_v$  を完全に零にすることは難かしいから、ステップ n8 および n10 には多少の余裕度を設定することもできる。

【0031】流量設定回路 32 の設定流量  $Q_s$  について説明しておく。この設定流量 (流量設定信号)  $Q_s$  は通常電圧値で与えられ、しかも上流側圧力の設定値  $P_1$  と  $P_1 = Q_s / K$  の関係が成立している。例えば流量を 0 ~ 5 (V) で表示すると、圧力範囲 0 ~ 3 ( $\text{kgf/cm}^2 \text{ abs}$ ) に対応しているという訳である。この範囲をパーセント表示して 0 ~ 100 (%) で表わすと、フルスケール 100 (%) は流量  $Q_s$  では 5 (V)、上流側圧力  $P_1$  では 3 ( $\text{kgf/cm}^2 \text{ abs}$ ) に対応している。例えば、設定値が 50 (%) なら流量  $Q_s$  は 2.5 (V)、圧力  $P_1$  は 1.5 ( $\text{kgf/cm}^2 \text{ abs}$ ) に相当している。以下の説明では上記を前提とする。

【0032】次に、オリフィスの目詰まりを検出するために、基礎データとなる基準圧力減衰データ  $Y(t)$  を

測定する基準減衰モードを説明する。この基準減衰モードは、オリフィスの目詰まりが全く無い状態のとき、コントロール弁を大きく開放（全開状態）した状態から閉鎖（全閉状態）したときに上流側圧力 $P_1$ がどのように減衰するかを調べるもので、目詰まりがある場合と対比するための基準データとなるものである。

【0033】図3は基準減衰モードの第1実施例を示すフローチャートであり、外部回路44からの信号によりメモリ装置Mに記憶されたプログラムが起動実行される。

【0034】基準減衰モードであることが確認されると（n20）、設定流量 $Q_s$ として高設定流量 $Q_{sH}$ がCPUにセットされる（n21）。この高設定流量 $Q_{sH}$ としてはフルスケールの100%が一般的である。この状態で上流側圧力 $P_1$ が測定され、このレンジでの最大値として最大圧力 $P_m$ で表わす（n22）。次に外部回路44からのトリガー信号により、設定流量 $Q_s$ として低設定流量 $Q_{sL}$ がセットされ、この時点時刻 $t=0$ （s）とする（n23）。低設定流量 $Q_{sL}$ としては0%が一般的である。即ち、上流側圧力 $P_1$ を最大値から零（コントロール弁を全閉）にしてから上流側圧力 $P_1$ の減衰を計測するのである。

【0035】 $t=0$ から上流側圧力 $P_1$ を測定し（n24）、時刻と圧力データ（ $t, P_1/P_m$ ）をメモリ装置Mに記憶させる（n25）。 $P_1/P_m$ にしたのは圧力を規格化しただけであって、全く規格化しなくてもよいし、他の方法をとってもよい。時刻を微小時間 $\Delta t$ だけ進ませ（n26）、測定時間 $t_m$ になるまで（n27）、データ（ $t, P_1/P_m$ ）を測定しながらメモリ装置Mに蓄えるのである。ここで測定時間 $t_m$ はデータを蓄積できる時間であればよく、例えば5（s）、20（s）等である。次に得られた多数のデータ（ $t, P_1/P_m$ ）に、 $Y(t) = \exp(-kt)$ を最小二乗法によりフィッティングし（n28）、減衰パラメータ $k$ を算出する（n29）。尚、現実の具体的な測定に於いては、前記測定時間 $t_m$ を1s～10sに亘って8段階に切換え設定できるようにしており、また、内径が150 $\mu$ mのオリフィスの場合には、この間に50点の上流側圧力 $P_1$ を測定している。

【0036】このようにして、基準圧力減衰データ $Y(t)$ が理論式 $Y(t) = \exp(-kt)$ として与えられる。目詰まりのない同一のオリフィス孔に対しては、減衰パラメータ $k$ は一定値となる。この基準圧力減衰データ $Y(t)$ がメモリ装置Mに記憶される。

【0037】基準圧力減衰データ $Y(t)$ は図4に細実線で示され、最大値は1に規格化されている。もちろん規格化せずに圧力 $P_1$ の値を減衰データとしてもよい。上記の方法では、 $Q_{sH} \rightarrow Q_{sL}$ の変化を100%→0%、即ちコントロール弁CVでは全開→全閉としたが、これに限られるものではない。例えば $Q_{sH} = 50\%$ とすると

ともでき、また $Q_{sL} = 20\%$ とすることも可能である。その中でも減衰曲線が最も顕著なカーブを示すものとして100%→0%が選択されたに過ぎないものである。

【0038】基準圧力減衰データ $Y(t)$ は、オリフィスに目詰まりがない最良条件下で測定されたものであり、一般的な意味で目詰りが無い状態はこの最良条件を意味するものではない。例えば、少量の目詰まりがあっても目詰まりなしと判定する場合もあり、本実施例ではフルスケール値で $\pm 0.2\%$ 、従って規格化が1の場合には $\pm 0.002$ を目詰まりなしの誤差範囲とする。この誤差範囲は状況に応じて種々変更することができる。

【0039】次に、フローファクタFFについて説明しておく。本発明に係る流量制御装置は、同一のオリフィスで複数のガス種を制御できる利点を有する。前述したように、同一のオリフィス径のオリフィスでは、下流側流量 $Q_c$ は $Q_c = KP_1$ （ $K$ :定数）で与えられることが分っている。この場合、定数 $K$ はガス種が変わると変化することが知られている。

【0040】例えば、 $N_2$ ガス、 $Ar$ ガス、 $O_2$ ガスに対応して、定数 $K$ を $K_N$ 、 $K_A$ 、 $K_O$ と表わそう。通常、 $N_2$ ガスを基準にしたフローファクタFFで表わすことが行なわれている。従って、 $N_2$ ガス、 $Ar$ ガス、 $O_2$ ガスのフローファクタFFを $FF_N$ 、 $FF_A$ 、 $FF_O$ で表わすと、 $FF_N = K_N/K_N = 1$ 、 $FF_A = K_A/K_N$ 、 $FF_O = K_O/K_N$ で与えられる。つまり、フローファクタFFとは実際のガスの流量と $N_2$ 換算流量との比率であり、 $FF = \text{実ガス流量} / N_2 \text{換算流量}$ で定義されるファクタである。表1にガス種毎のフローファクタの値が掲載されている。

【0041】

【表1】

フローファクター F, F.

| ガス種       | F F    |
|-----------|--------|
| $N_2$     | 1.0000 |
| $C, F, I$ | 0.3523 |
| $Ar$      | 0.8878 |
| $CO$      | 0.9999 |
| $O_2$     | 0.9352 |

$$FF = \frac{\text{実ガスの流量}}{N_2 \text{換算流量}}$$

【0042】発明者等は、基準圧力減衰データ $Y(t) = \exp(-kt)$ の減衰パラメータ $k$ がフローファクタFFと密接な関係を有していることを究明するに到った。その関係式は流量と同様に、実ガス減衰パラメータ $k = FF \times N_2$ ガス減衰パラメータである。従って、 $N_2$ ガスの減衰パラメータ $k_N$ さえ測定しておけば、任意ガスの減衰パラメータ $k$ は $k = FF \times k_N$ によって決めることができる。

【0043】図5は、実際に使用しているオリフィスに



対する目詰検出モードのフローチャートである。目詰検出は実際のプラント運転時は困難であるから、プロセス終了後、設定流量が規定値（即ち、設定流量値が1Vを越える任意の値・しきい値）になると、その減少方向をトリガ信号として目詰検出モードに入る。

【0044】本実施例では設定流量値が1Vになれば、トリガ信号 $T_{r1}$ が中央演算処理装置CPUに入力される。この信号により目詰検出モードであることを確認し（n30）、メモリ装置Mから基準圧力減衰データ $Y(t)$ をCPUに送信する（n31）。このデータとしては実際に測定対象としている実ガスに対する $Y(t)$ でもよいし、 $N_2$ に対する減衰パラメータ $k$ とフローファクタ $FF$ でもよい。後者の場合には $Y(t) = \exp(-k \cdot t \times FF)$ によって実ガスに対する基準圧力減衰データ $Y(t)$ を算出することができる。本実施例では、初期設定時に前記 $Y(f)$ として、メモリ装置Mに下表のようなテーブルをメモリしておき、当該テーブルとの比較により目詰まり検出を行なうようにしている。

【表2】

| 時間 (msec) | 圧力センサ出力 (v) |
|-----------|-------------|
| 0         | 5.00        |
| 20        | 4.20        |
| 40        | 3.80        |
| 60        | 3.50        |
| ⋮         | ⋮           |
| 1000      | 0.00        |

【0045】次に、高設定流量 $Q_{sH}$ を入力し、この時点 $t=0$  (s)として時間計測を行ない（n32）、上流側圧力 $P_1$ を測定し、その値を最大圧力 $P_m$ とする（n33）。微小時間 $\Delta t$ を多数回繰返ししながら（n34）、高設定時間 $t$ になると（n35）、低設定流量 $Q_{sL}$ に切り換え、この時点 $t=0$  (s)とする（n36）。本実施例では、前述した通り高設定流量 $Q_{sH}=100\%$ 、低設定流量 $Q_{sL}=0\%$ とし、高設定時間 $t=1$  (s)とする。この高設定時間 $t$ は上流側圧力 $P_1$ が安定する時間であれば任意に採ることができる。

【0046】更に、微小時間 $\Delta t$ を多数回繰返ししながら（n37）、時間が低設定時間 $t_1$ になると（n38）、上流側圧力 $P_1(t_1)$ を検出する（n39）。最大圧力 $P_m$ で規格化した圧力減衰データ $P(t_1) = P_1(t_1)/P_m$ が、基準圧力減衰データ $Y(t_1)$ から誤差 $m$ の範囲内に存在すれば（n40）、目詰なしを表示し、アラーム信号ALをオフにする（n42）。もし誤差範囲外であれば（n40）、目詰を表示し、アラーム信号ALをオンにする（n41）。

【0047】前記の低設定時間 $t_1$ は対比時間であり、0.6 (s)でも1.6 (s)でもよく、対比が容易な時間を選定すればよい。また、圧力減衰データ $P(t)$

は上流側圧力 $P_1(t)$ を最大圧力 $P_m$ により規格化したものを用いたが、別段規格化しなくてもよい。規格化しない場合には、基準圧力減衰データ $Y(t)$ も規格化しないで用いた方がよい。この場合、ステップn40は $|P_1(t_1) - Y(t_1)|/P_m < n$ の計算式になる。即ち、規格化した場合は $P(t) = P_1(t)/P_m$ となるが、規格化しない場合は $P(t) = P_1(t)$ とすればよいのである。この他にも圧力減衰データ $P(t)$ の定数があり、重要なことは $P(t)$ と $Y(t)$ の定数をオリフィスの目詰まり以外は同一条件に設定しておくことである。

【0048】本実施例では、誤差 $m$ は0.2%F.S.、即ち $m=0.002$ を設定している。しかし、この誤差範囲は仮に目詰まりがないとする範囲を与えるにすぎないから、0.5%F.S.、即ち $m=0.005$ と設定してもよく、精度に応じた任意性を有している。

【0049】また、図5の本実施例では $t=t_1$ の1点のデータで目詰判断をしたが、複数時点の判断でもよく、更に多数の点を利用し、圧力減衰曲線全体での対比判断を行ってもよい。尚、現実の実施に於いては、 $t=t_1 \sim t=t_n$ の4～5点について連続的に上述の如き目詰判断をし、各点に於ける初期基準値と測定値の差データの積算平均でもって最終的な目詰判断を行っている。

【0050】圧力減衰曲線を示す図4から判るように、目詰まりがない場合の細実線に対して $\pm 0.2\%$ F.S.の誤差範囲を点線により与えている。この点線範囲内に含まれた場合には、目詰まりなしである。太実線は規格化された圧力減衰データであり、約1.6秒後の実測値が点線範囲外にあるため、目詰表示がなされ、アラームが報知される。

【0051】図6は、図5の実施例に於ける信号のタイムチャートである。トリガ信号 $T_{r1}$ の立上りにより高設定流量 $Q_{sH}$ が入力され、 $t$ 秒後に低設定流量 $Q_{sL}$ に設定された後、 $t_1$ 秒後の圧力減衰データ $P(t)$ を実測する。誤差範囲外であればアラーム信号ALがオンになる。

【0052】本発明においては、基準圧力減衰データ $Y(t)$ と圧力減衰データ $P(t)$ は規格化されていてもいなくてもどちらでもよい。また、本発明は上記実施例に限定されるものではなく、本発明の技術的思想を逸脱しない範囲における種々の変形例、設計変更等をその技術的範囲内に包含するものである。

【0053】図7は、オリフィスの目詰まりを検出するために、基礎データとなる基準圧力減衰データ $Y(t)$ を得るための基準減衰モードの第2実施例のフローチャートを示すものであり、前記第1実施例の図3に相当するものである。

【0054】前記図3の第1実施例に於いては、基準圧力減衰データ $Y(t)$ を得る際に、オリフィス上流側の

流体の温度 $T$ が、圧力減衰に及ぼす影響を全く考慮に入れていない。また、このことは、前記図5に示した目詰検出モードに於ける圧力減衰データ $P(t)$ を測定する際にも同じである。

【0055】一方、現実の目詰まり検出に於いては、基準圧力減衰データ $Y(t)$ を得たときの流体の温度 $T$ と、目詰まり検出を行なう際の流体の温度 $T$ とが、等しいと云うことはほとんどなく、両者の間に温度差のあるのが通常である。

【0056】ところで、前記第1実施例に示した方法により目詰まりを検出した場合に、基準圧力減衰データ $Y(t)$ を測定したときのオリフィス上流側の流体温度と、圧力減衰データ $P(t)$ を測定したときのオリフィス上流側の流体温度に差があると、目詰まり検出の精度が悪くなる。具体的には、温度差が約 $10^{\circ}\text{C}$ 程度になると、目詰まり面積の検出値に約3%の誤差を生ずることが、実験により確認されている。

【0057】前記図7及び後述する図8に示す第2実施例は、オリフィス上流側の温度が異なることによる目詰まり検出の精度の低下を防止するために開発されたものであり、基準圧力減衰データ $Y(t)$ と圧力減衰データ $P(t)$ の検出時にオリフィス上流側の流体温度に差があっても、目詰まり検出精度が低下しないようにするため、前記基準圧力減衰データ $Y(t)$ 及び圧力減衰データ $P(t)$ を、検出した流体の温度及び圧力の値を用いて、流体の流れの理論式から演算により求めるようにしたものである。

【0058】先ず、基準圧力減衰データ $Y(t)$ を得る方法について説明する。尚、この基準圧力減衰データ $Y(t)$ は図1のオリフィス2に全く目詰まりがない場合のオリフィス上流側の圧力減衰状態を示すものである。図1及び図7を参照して、外部回路44からのトリガー信号により、メモリ装置Mに記憶されたプログラムが起動実行される。基準減衰モードであることが確認されると(n20a)、設定流量 $Q_s$ として高設定流量 $Q_{sH}$ がCPUにセットされる(n21a)。この高設定流量 $Q_{sH}$ としてはフルスケールの100%が一般的である。この状態で上流側圧力 $P_1$ が測定され、このレンジでの最大値として最大圧力 $P_m = P_0$ で表わす(n22a)。前記外部回路44からのトリガー信号により、設定流量 $Q_s$ として高設定流量 $Q_{sH}$ がセットされると、(n21a)、この状態が2秒間保持され、2秒後には設定流量 $Q_s$ として低設定流量 $Q_{sL}$ がセットされる。この時点時刻 $t=0(s)$ とする(n23a)。低設定流量 $Q_{sL}$ としては0%が一般的である。即ち、上流側圧力 $P_1$ を最大値から零(コントロール弁を全閉)にしてから上流側圧力 $P_1$ の減衰を計測するのである。

【0059】 $t=0$ から上流側圧力 $P_1 = P_0$ 及び上流側温度 $T_1 = T_0$ 測定し(n43a)、時刻と圧力データと温度データ( $t, P_1, T_1$ )をメモリ装置Mに記憶させる(n43a)。このデータの測定は、時刻を微小時間 $\Delta t$ だけ進ませ(n26a)、測定時間 $t_m$ になるまで(n27a)まで測定をし乍ら、メモリ装置Mに蓄えるのである。ここで、測定時間 $t_m$ はデータを蓄積できる時間であればよく、例えば5(s)、20(s)等である。尚、現実の具体的な測定に於いては、前記測定時間 $t_m$ を1、～10、に亘って8段階に切換え設定できるようにしており、また、内径が $150\mu\text{m}$ のオリフィスの場合には、この間に50点の上流側圧力 $P_1$ 、上流側温度 $T_1$ を測定している。

【0060】また、前記上流側圧力 $P_1$ 、上流側温度 $T_1$ の測定と並行して、これらの読み取りデータを用いて、CPUに於いて基準圧力減衰データ $Y(t) = Z_s(t)$ の演算が行なわれる(n45a)。そして、演算された基準圧力減衰データ $Y(t) = Z_s(t)$ はメモリ装置Mに蓄えられる。

【0061】本第2実施例に於いては、前記基準圧力減衰データ $Y(t) = Z_s(t)$ は、上流側圧力 $P_1$ の降下が、所謂「流体の理論式」に基づいて演算され、「上流側圧力 $P_1$ の降下の度合を対数で表示した値 $Z_s(t)$ 」がCPUに於いて演算される。

【0062】また、本実施例では、前記「流体の理論式」として下記の③式を用いている。

【数3】

$$\text{LN} \frac{P_t}{P_0} = - \frac{SC_s \sqrt{R_s T_s}}{V} t_n \quad \cdots \cdots \text{③}$$

但し、ここで、 $P_0 = P_m$ は初期時(標準時)の上流側圧力、 $P_t$ は時間 $t$ 経過後の上流側圧力、 $S$ はオリフィス2の断面積、 $C_s$ は時間 $t$ に於けるガス比熱比の定数、 $R_s$ は時間 $t$ に於けるガス定数、 $T_s$ は時間 $t$ に於ける上流側温度、 $V$ はFCS装置の内容積、 $t_n$ は測定開始からの経過時間(単位時間 $\times n$ 番目)である。また、上記ガス比熱比の定数 $C$ は、次の②式で与えられるものである。

【数4】

$$C = \left( \frac{2}{k+1} \right)^{1/k-1} \cdot \sqrt{\frac{k}{k+1}} \quad \cdots \cdots \text{②}$$

但し、 $k$ はガスの比熱比である。

【0063】また、上流側圧力 $P_0$ の圧力降下した度合を対数で表現した値 $Z_s(t)$ は、次の③式で与えられるものである。

【数5】

15

16

$$\begin{aligned}
 Z_s(t) &= \frac{C_o \sqrt{R_o \cdot T_o}}{C_t \sqrt{R_t \cdot T_t}} \times \text{LN} \frac{P_t}{P_o} \\
 &= \frac{C_o \sqrt{R_o \cdot T_o}}{C_t \sqrt{R_t \cdot T_t}} \times -\frac{S C_t \sqrt{R_t \cdot T_t}}{V} t_n \dots\dots \textcircled{3}
 \end{aligned}$$

但し、 $C_o \cdot R_o \cdot T_o$ は初期時（基準時）に於けるガス比熱比の定数、ガス定数、上流側温度であり、また、 $C_t$ 、 $R_t$ 、 $T_t$ は測定開始から時間 $t$ の時点（ $n$ 番目）に於けるガス比熱比の定数、ガス定数、上流側温度である。

【0064】測定開始時 $t=0$ から各時間 $t_1$ 、 $t_2$ 、… $t_n$ 毎に前記③式を用いて基準圧力減衰データ $Y(t)=Z_s(t)$ がCPUで演算され、その結果がメモリ装置Mに順次蓄えられて行く。

【0065】次に、実際に使用をしているオリフィスに対する目詰まりの検出について説明する。図8は、第2実施例に於けるオリフィス検出モードのフローチャートを示すものである。目詰検出は実際のプラント運転時は困難であるから、プロセス終了後、設定流量が規定値（即ち、設定流量値が1Vを越える任意の値・しきい値）になると、その減少方向をトリガ信号として目詰検出モードに入る。

【0066】本実施例では設定流量値が1Vになれば、トリガ信号が中央演算処理装置CPUに入力される。この信号により目詰検出モードであることを確認し、（n30a）、メモリ装置Mから基準圧力減衰データ $Y(t)$ をCPUに送信する（n31a）。このデータとしては、実際に測定対象としている実ガスに対する $Y(t)=Z_s(t)$ でもよいし、 $N_2$ に対する基準圧力減衰データ $Z_s(t)$ に、ガス種に応じてあらかじめ定めたフローファクタFFに対する定数Aを乗じたものでもよい。

【0067】次に、高設定流量 $Q_{sH}$ を入力し、この時点をと $t=0$ （s）として時間計測を行ない（n32a）、上流側圧力 $P_t$ を測定し、その値を最大圧力 $P_m$ とする（n33）。微小時間 $\Delta t$ を多数回繰返しながら（n34a）、高設定時間 $t_o$ になると（n35a）、低設定流量 $Q_{sL}$ に切換え、この時点再び $t=0$ （s）とする（n36a）。本実施例では、前述した通り高設定流量 $Q_{sH}=100\%$ 、低設定流量 $Q_{sL}=0\%$ とし、高設定時間 $t_o=2$ （s）とする。この高設定時間 $t_o$ は上流側圧力 $P_t$ が安定する時間であれば任意に採ることができる。

【0068】更に、微小時間 $\Delta t$ を多数回繰返しながら（n37a）、時間が低設定時間 $t_1$ になると（n38a）、上流側圧力 $P_{t1}$ 及び上流側温度 $T_{t1}$ を検出する（n39a）。検出された上流側圧力 $P_{t1}$ 、上流側温度 $T_{t1}$ は必要に応じてメモリ装置Mに蓄えられ、次に、中央演算装置CPUに於いて、一次側圧力 $P_{t1}$ の

圧力降下度合を対数で表示した値（即ち、圧力減衰データ $P(t_1)=Z(t_1)$ ）が演算される（n48）。

【0069】演算された圧力減衰データ $P(t_1)=Z(t_1)$ は、先にメモリ装置Mへ入力されている基準圧力減衰データ $Y(t_1)$ と比較され（n49）、 $|Y(t_1)-P(t_1)|$ が許容される誤差の範囲 $m$ 外にあれば（n49）、目詰まりを表示し、アラームALをonにする。（n41a）。また、 $|Y(t_1)-P(t_1)|$ が許容される誤差範囲内にあれば、時間の加算が行なわれ（ $n=50$ ）、第2単位時間 $t=t_2$ に於ける測定、演算及び対比が繰返され、 $t=t_o$ に至れば（ $n=51$ ）、最終的に目詰まりなしの表示及びアラームALのオフが行なわれる（n42a）。

【0070】尚、図8の第2実施例の目詰検出モードに於いては、ステップn48で圧力減衰データ $P(t_1)=Z(t_1)$ を演算し、この演算値に基づいてステップn49で目詰まりの判定を行なったあと、目詰まりがなければ、ステップ51で時間の加算をして、次の上流側圧力 $P_t$ 及び温度 $T_t$ の検出を行なうようにしている。しかし、このような方式に代えて、ステップn46に於いて上流側圧力 $P_t$ 及び温度 $T_t$ の検出を単位時間毎に連続的に行なうと共にこれと並行して、ステップn48に於いて、各単位時間毎の圧力減衰データ $P(t_1)$ を演算し、当該演算値を用いて各単位時間毎に目詰まりの判定を行なうようにしてもよい。

【0071】図9、図10及び図11は、本発明の第2実施例によりオリフィスの目詰検出を行なった場合の試験結果を示すものであり、オリフィス内径 $160\mu\text{m}$ 、単位時間 $t(0.012\text{sec})$ 、基準温度 $25^\circ\text{C}$ 、温度変動 $+10^\circ$ 及び $-10^\circ$ 、とした場合の、圧力降下特性（図9）、 $Z(t)$ の計算結果（図10）及び基準時の演算値（ $25^\circ\text{C}$ ） $Z_s(t)$ と目詰まり検査時の演算値 $Z(t)$ との差（図11）を示すものである。

【0072】第2実施例の場合には、図9及び図10からも明らかなように、目詰まりの検査時の上流側ガス温度 $T(t)$ が基準時の温度（ $25^\circ\text{C}$ ）より $\pm 10^\circ\text{C}$ 異なっても、圧力降下特性（図8）及び $Z(t)$ の計算値は、基準値温度（ $25^\circ\text{C}$ ）の場合と殆んど同一となり、上流側ガス温度の変化による誤差がほぼ完全に補正されることになる。その結果、上流側ガス温度が基準減衰データを得た時のガス温度よりも相当に変化している場合であっても、高精度な安定した目詰まり検出を行なうことができる。

【0073】

【発明の効果】本発明は以上詳述したように、オリフィスに目詰まりがない場合の基準圧力減衰データ $Y(t)$ と実際運転時の圧力減衰データ $P(t)$ を比較し、 $P(t)$ が $Y(t)$ より所定度以上開離したかどうかで目詰まりの当否を判断するものである。従って配管を分解することなく、極めて簡単な操作で目詰まりを判断でき、その結果爆発等の非常事態を回避できると共にプラントの安定性を保証できる。即ち、本発明は低価格で信頼性の高いオリフィス目詰り検出方法およびその装置を提供するものであって、オリフィスを利用した圧力式流量制御装置の広範な普及に寄与するものである。

【0074】特に、本発明の第2実施例によれば、目詰り検出時の上流側ガス温度 $T(t)$ が、基準圧力減衰データ $Y(t)$ を得た時の上流側ガス温度と相当に異なっている場合でも、温度変化による誤差を除いた高精度な目詰り検出を行なうことができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係る流量制御装置における目詰り検出装置の一例のブロック構成図である。

【図2】プラント運転時における流量制御のフローチャートである。

【図3】本発明の第1実施例に係る目詰り検出方法で用いる基準圧力減衰データ $Y(t)$ を求めるフローチャートである。

【図4】目詰りがない基準圧力減衰データ $Y(t)$ と目詰りのある圧力減衰データ $P(t)$ のグラフを示す。

【図5】本発明の第1実施例に係る目詰り検出方法を実行するフローチャートである。

【図6】各種信号のタイムチャートを示す。

\*【図7】本発明の第2実施例に係る目詰り検出方法で用いる基準圧力減衰データ $Y(t)$ を求めるフローチャートである。

【図8】本発明の第2実施例に係る目詰り検出方法を実行するフローチャートである。

【図9】本発明の第2実施例に於いて、温度を変化させた場合の圧力降下特性を示すグラフである。

【図10】本発明の第2実施例に於いて、温度を変化させた場合の圧力減衰データ $Z(t)$ の演算値を示すグラフである。

【図11】本発明の第2実施例に於いて、温度が変化した場合の基準時の圧力減衰データ(25℃)  $Z_s(t)$ と圧力減衰データの演算値との差を示すものである。

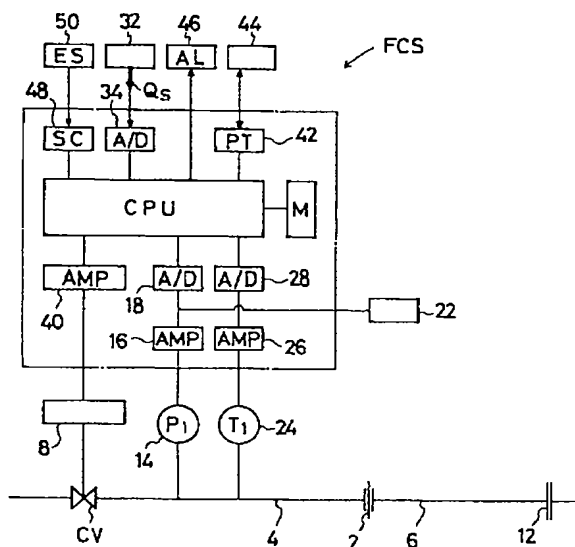
【図12】従来例である圧力式流量制御装置のブロック構成図である。

【図13】オリフィスに目詰りが生じた場合の設定値流量特性図である。

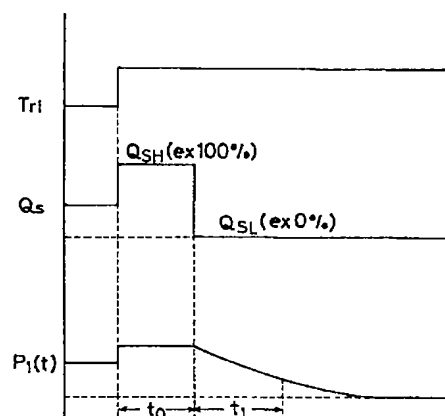
【符号の説明】

2はオリフィス、4は上流側流路、6は下流側流路、8は駆動部、12はガス取出用継手、14は圧力検出器、16は増幅回路、18はA/D変換器、20は演算回路、22は圧力表示器、24は温度検出器、26は増幅回路、28はA/D変換器、30は温度補正回路、32は流量設定回路、34はA/D変換器、36は比較回路、38は演算制御回路、40は増幅回路、42は通信ポート、44は外部回路、46はアラーム回路、48は電源回路、50は外部電源、AMPは増幅回路、A/DはA/D変換器、ALはアラーム回路、CPUは中央演算処理装置、CVはコントロール弁、Eは外部電源、Mはメモリ装置、SCは電源回路である。

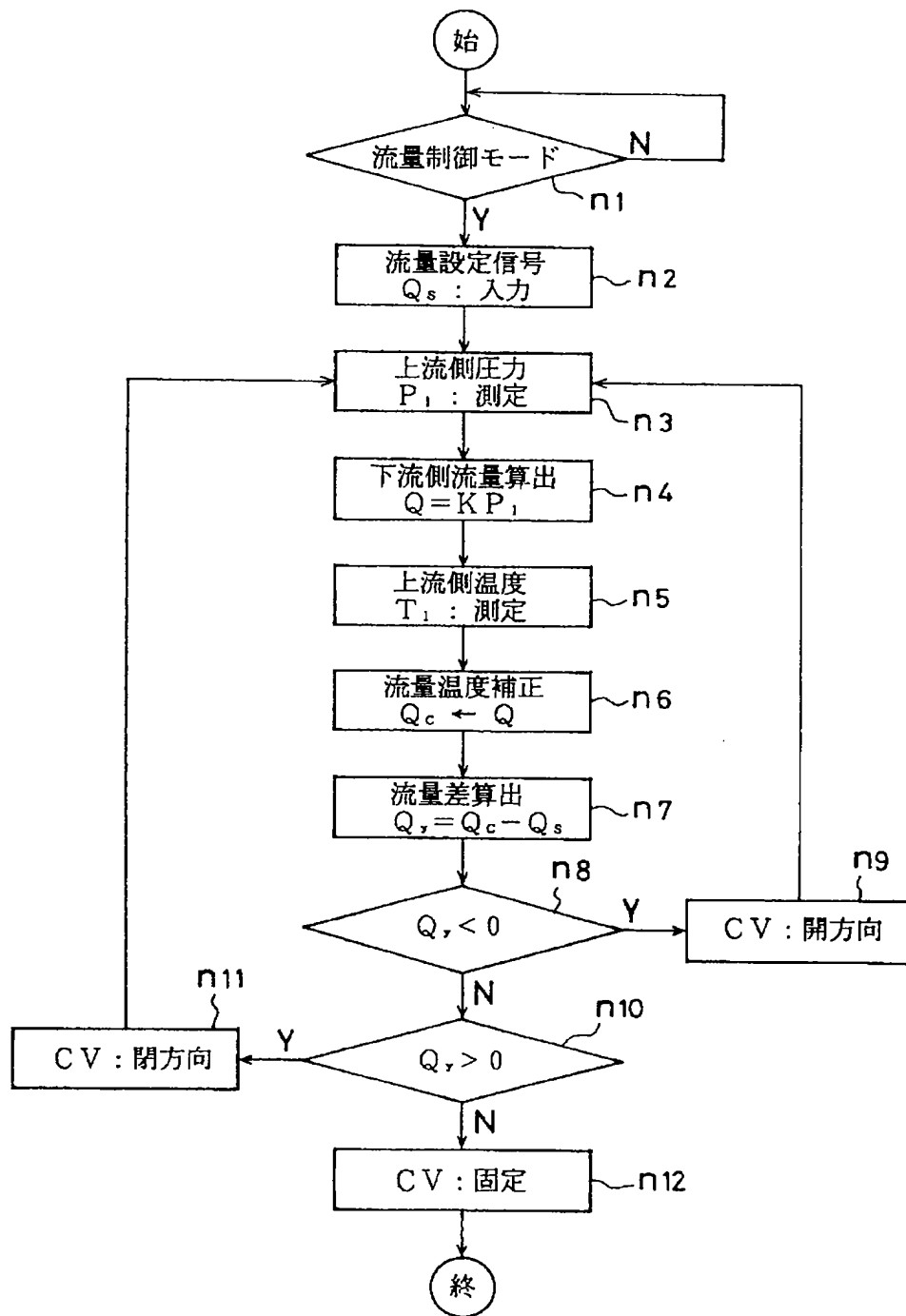
【図1】



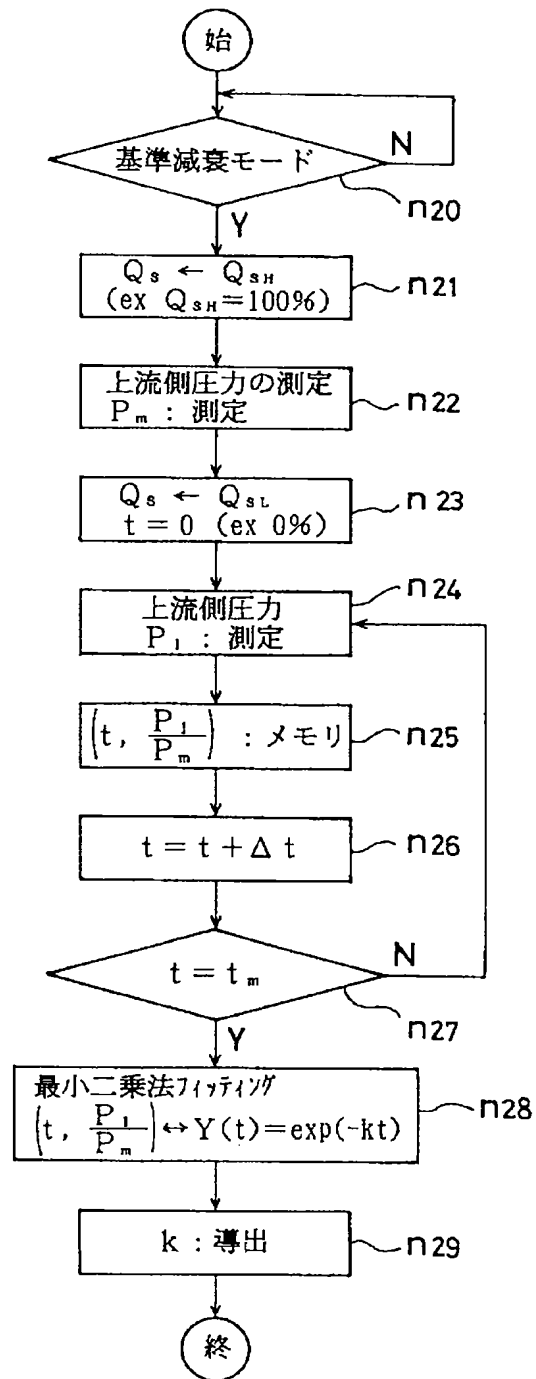
【図6】



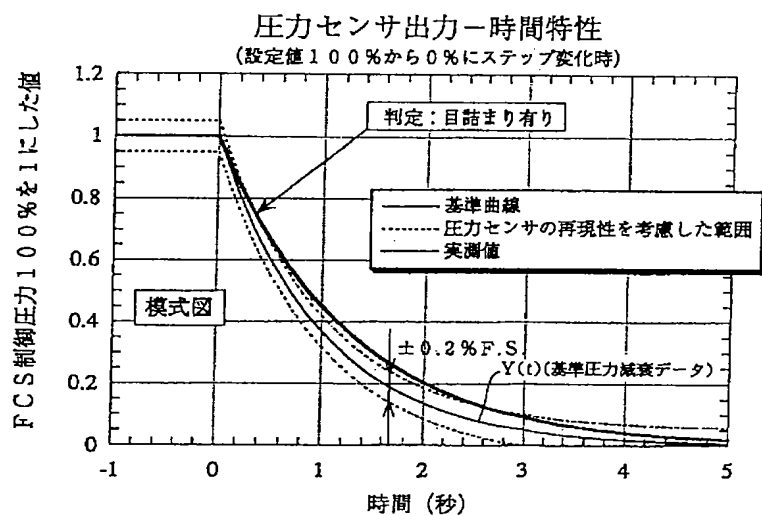
【図2】



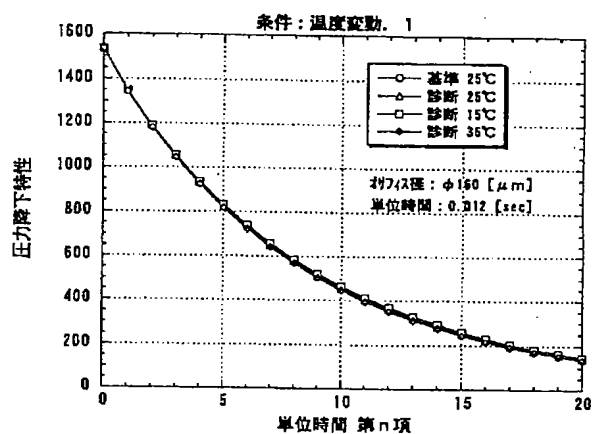
【図 3】



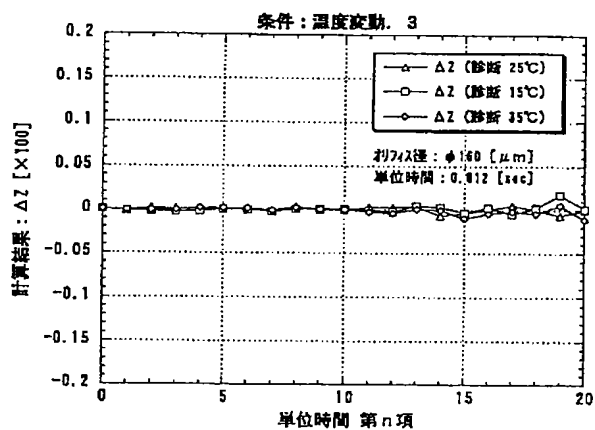
【図4】



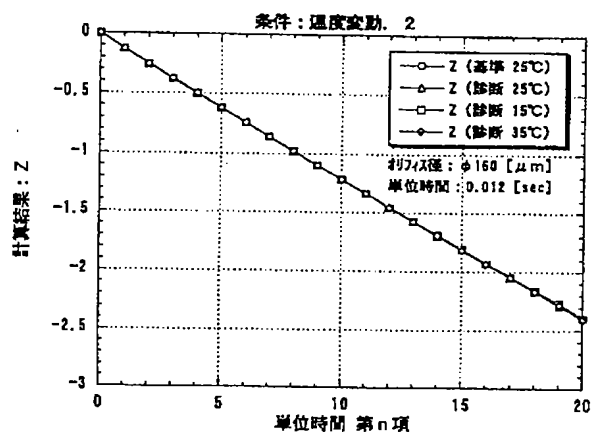
【図9】



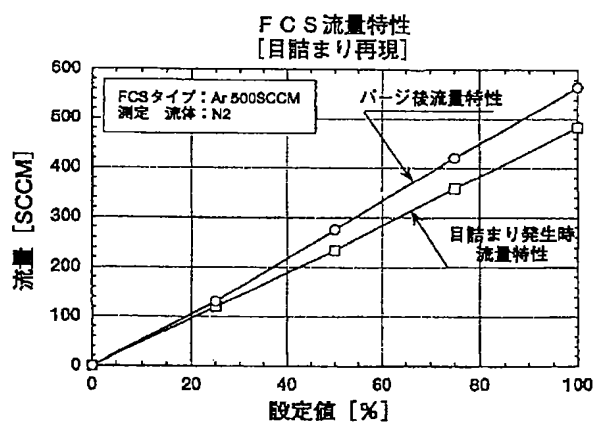
【図11】



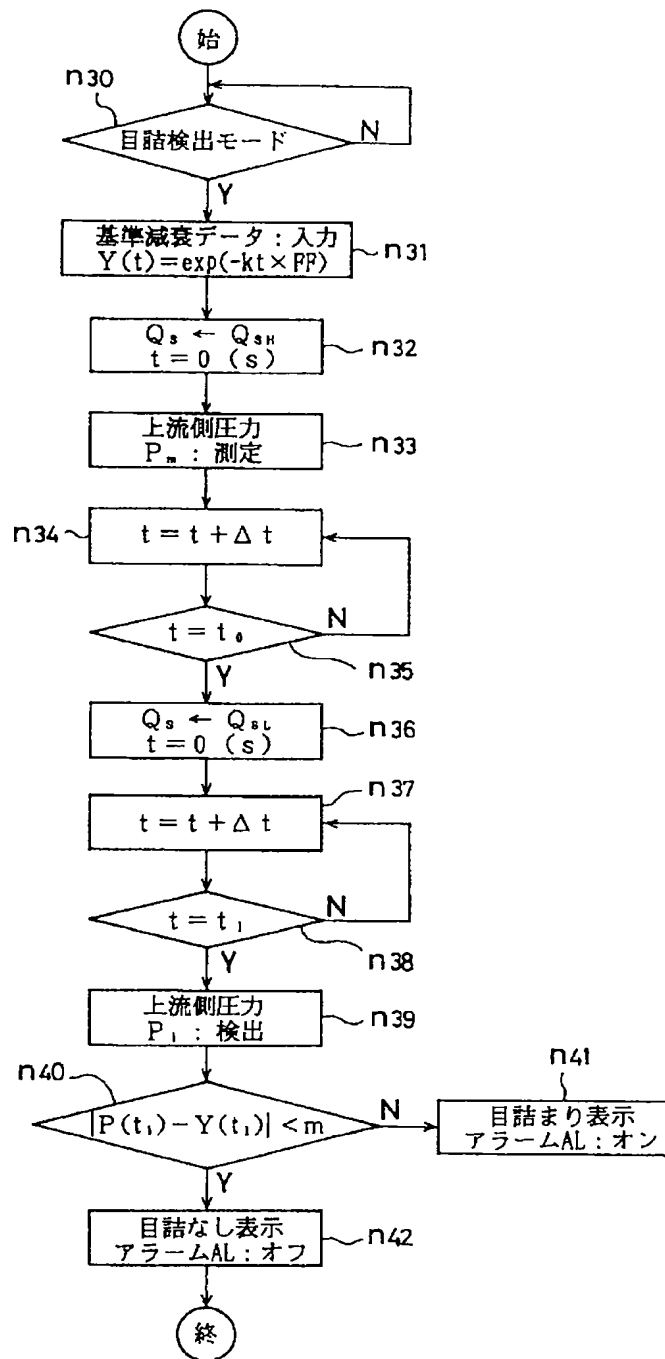
【図10】



【図13】

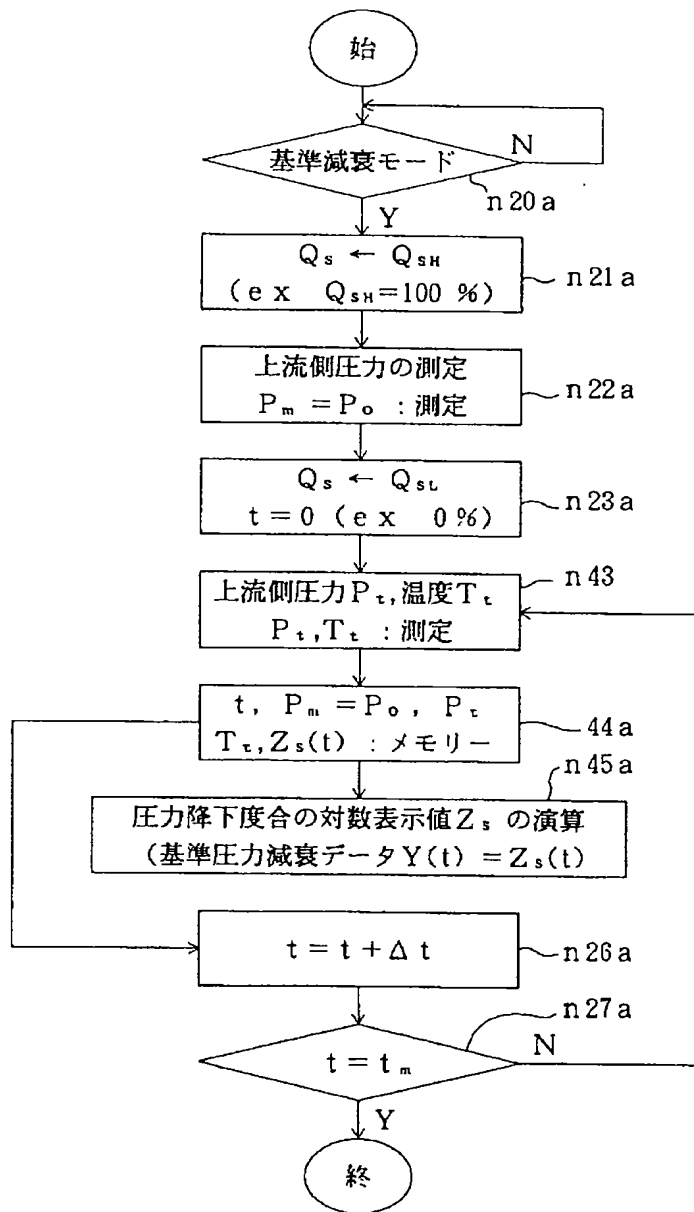


【図5】

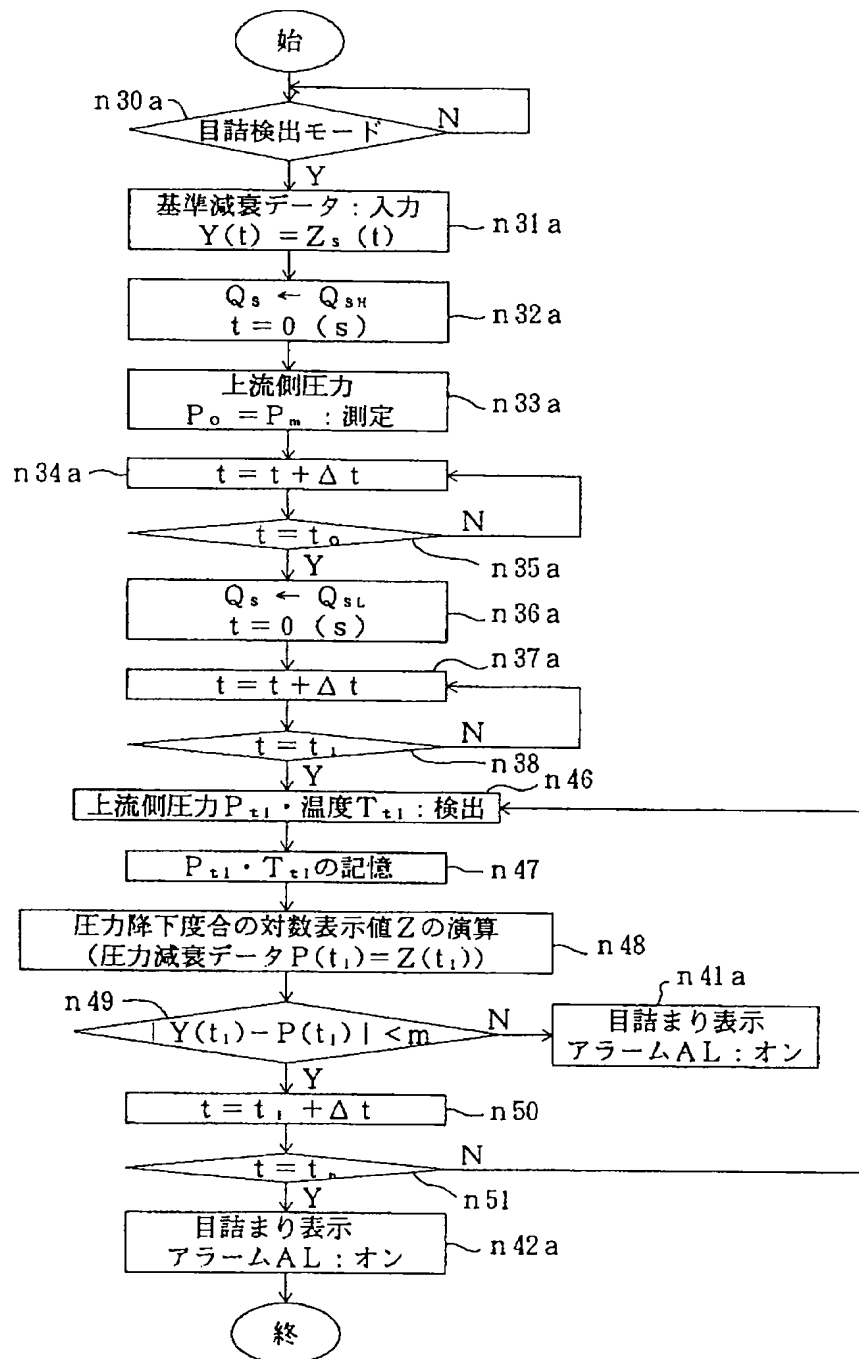




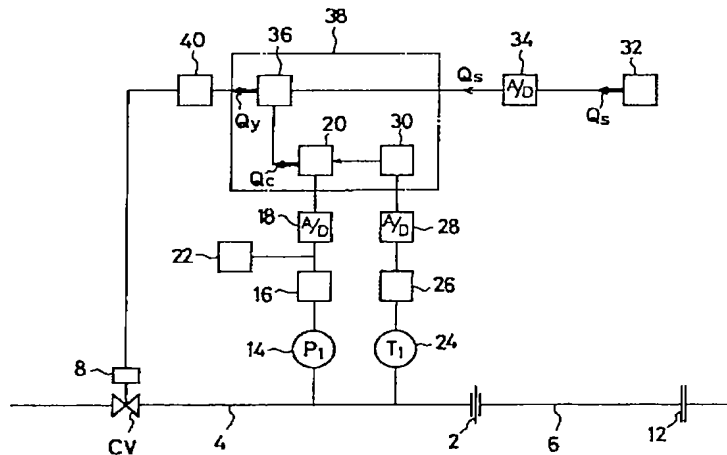
【図7】



【図8】



【図12】



## 【手続補正書】

【提出日】平成11年8月12日（1999. 8. 12）

## 【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0016

【補正方法】変更

【補正内容】

【0016】請求項4に記載の圧力式流量制御装置における目詰検出方法は、コントロール弁CVとオリフィス2とこれらの間の上流側圧力 $P_1$ を検出する圧力検出器14と流量設定回路32からなり、上流側圧力 $P_1$ を下流側圧力 $P_2$ の約2倍以上に保持して下流側の流量 $Q_c$ を $Q_c = K P_1$ （ $K$ ：定数）で演算し、この演算流量 $Q_c$ と設定流量 $Q_s$ との差信号 $Q_y$ によりコントロール弁CVを開閉制御する流量制御装置において、設定流量 $Q_s$ を高設定流量 $Q_{sH}$ に保持する第1工程と、この高設定流量 $Q_{sH}$ を低設定流量 $Q_{sL}$ に切換えて保持し、上流側圧力 $P_1$ 及び上流側温度 $T_1$ を測定すると共にこの測定値を用いて圧力減衰データ $P(t)$ を演算する第2工程と、同条件で、オリフィスに目詰まりがないときに測定した上流側圧力 $P_1$ 及び上流側温度 $T_1$ を用いて演算した基準圧力減衰データ $Y(t)$ と、前記圧力減衰データ $P(t)$ とを対比する第3工程と、圧力減衰データ $P(t)$ が基準圧力減衰データ $Y(t)$ より所定度以上開離したときに目詰まりを報知する第4工程から構成されている。

## 【手続補正2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0059

【補正方法】変更

【補正内容】

【0059】 $t = 0$ から上流側圧力 $P_1 = P_1$ 及び上流側温度 $T_1 = T_1$ を測定し（n43a）、時刻と圧力データと温度データ（ $t$ 、 $P_1$ 、 $T_1$ ）をメモリ装置Mに記憶させる（n44a）。このデータの測定は、時刻を微小時間 $\Delta t$ だけ進ませ（n26a）、測定時間 $t_m$ になるまで（n27a）まで測定をし乍ら、メモリ装置Mに蓄えるのである。ここで、測定時間 $t_m$ はデータを蓄積できる時間であればよく、例えば5（s）、20（s）等である。尚、現実の具体的な測定に於いては、前記測定時間 $t_m$ を1、～10、に亘って8段階に切換え設定できるようにしており、また、内径が150 $\mu$ mのオリフィスの場合には、この間に50点の上流側圧力 $P_1$ 、上流側温度 $T_1$ を測定している。

## 【手続補正3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0067

【補正方法】変更

【補正内容】

【0067】次に、高設定流量 $Q_{sH}$ を入力し、この時点をと $t = 0$ （s）として時間計測を行ない（n32a）、上流側圧力 $P_1$ を測定し、その値を最大圧力 $P_m$ とする（n33a）。微小時間 $\Delta t$ を多数回繰返ししながら（n34a）、高設定時間 $t_0$ になると（n35a）、低設定流量 $Q_{sL}$ に切換え、この時点を再び $t = 0$ （s）とする（n36a）。本実施例では、前述した通り高設定流量 $Q_{sH} = 100\%$ 、低設定流量 $Q_{sL} = 0\%$ とし、高設定時間 $t_0 = 2$ （s）とする。この高設定時間 $t_0$ は上流

側圧力 $P_1$ が安定する時間であれば任意に採ることができる。

【手続補正4】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0068

【補正方法】変更

【補正内容】

【0068】更に、微小時間 $\Delta t$ を多数回繰返ししながら（n37a）、時間が低設定時間 $t_1$ になると（n38a）、上流側圧力 $P_{t_1}$ 及び上流側温度 $T_{t_1}$ を検出する（n39a）。検出された上流側圧力 $P_{t_1}$ 、上流側温度 $T_{t_1}$ は必要に応じてメモリ装置Mに蓄えられ（n47）、次に、中央演算装置CPUに於いて、一次側圧力 $P_{t_1}$ の圧力降下度合を対数で表示した値（即ち、圧力減衰データ $P(t_1) = Z(t_1)$ ）が演算される（n48）。

【手続補正5】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0069

【補正方法】変更

【補正内容】

【0069】演算された圧力減衰データ $P(t_1) = Z(t_1)$ は、先にメモリ装置Mへ入力されている基準圧力減衰データ $Y(t_1)$ と比較され（n49）、 $|Y(t_1) - P(t_1)|$ が許容される誤差の範囲m外にあれば、目詰まりを表示し、アラームALをonにする。（n41a）。また、 $|Y(t_1) - P(t_1)|$ が許容される誤差範囲内にあれば、時間の加算が行なわ

れ（n50）、第2単位時間 $t = t_2$ に於ける測定、演算及び対比が繰り返され、 $t = t_n$ に至れば（n51）、最終的に目詰まりなしの表示及びアラームALのオフが行なわれる（n42a）。

【手続補正6】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0070

【補正方法】変更

【補正内容】

【0070】尚、図8の第2実施例の目詰検出モードに於いては、ステップn48で圧力減衰データ $P(t_1) = Z(t_1)$ を演算し、この演算値に基づいてステップn49で目詰まりの判定を行なったあと、目詰まりがなければ、ステップ51で時間の加算をして、次の上流側圧力 $P_1$ 及び温度 $T_1$ の検出を行なうようにしている。しかし、このような方式に代えて、ステップn39aに於いて上流側圧力 $P_1$ 及び温度 $T_1$ の検出を単位時間毎に連続的に行なうと共にこれと並行して、ステップn48に於いて、各単位時間毎の圧力減衰データ $P(t_1)$ を演算し、当該演算値を用いて各単位時間毎に目詰まりの判定を行なうようにしてもよい。

【手続補正7】

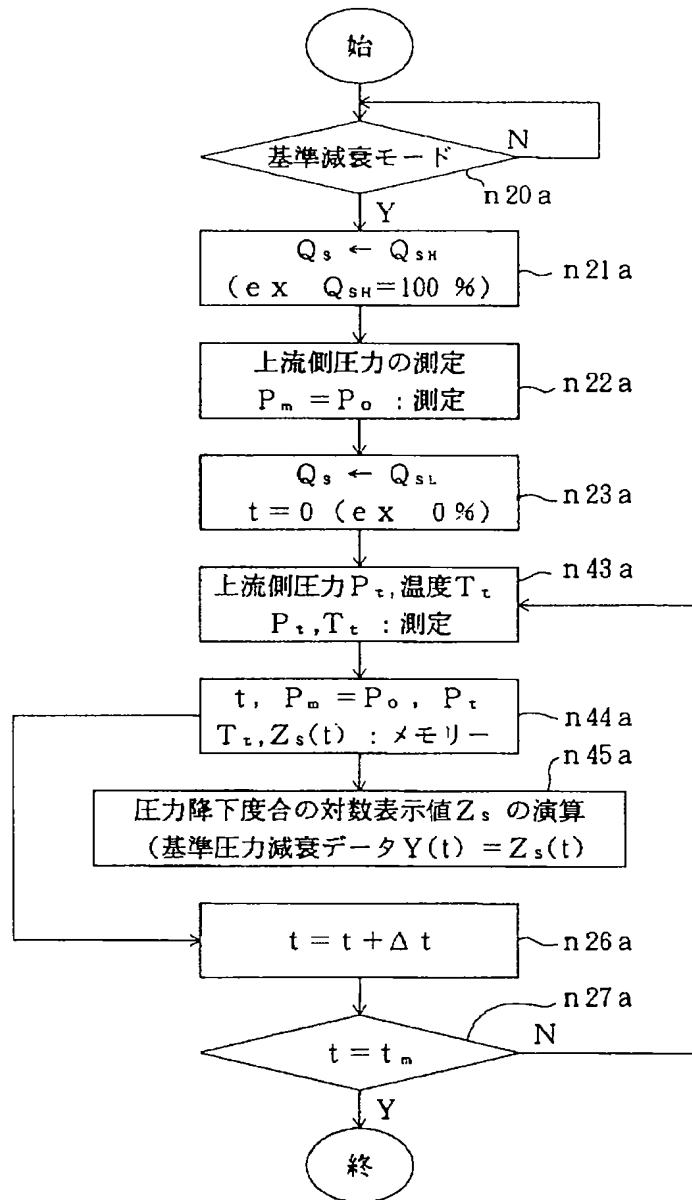
【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図7

【補正方法】変更

【補正内容】

【図7】



【手続補正8】

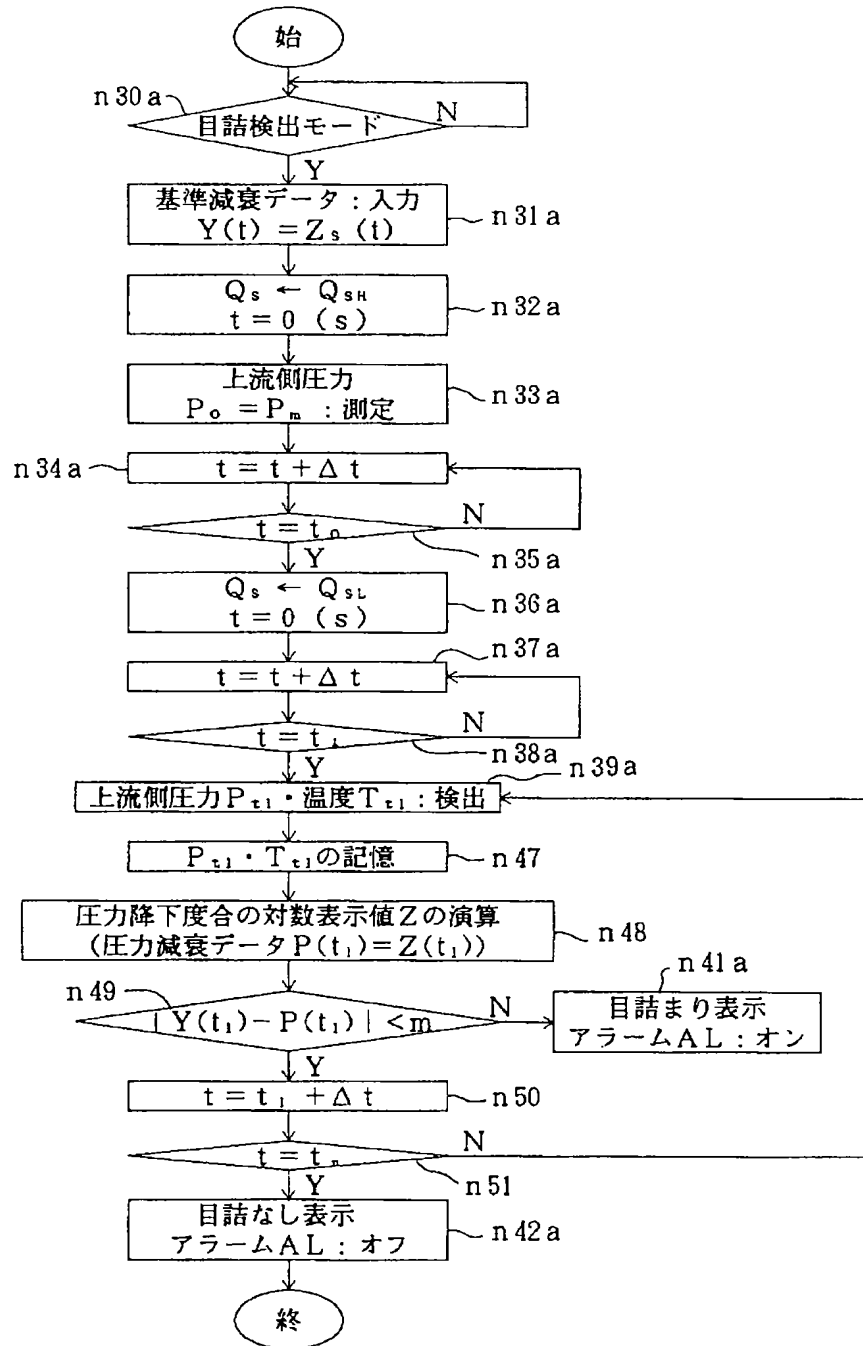
【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図8

【補正方法】変更

【補正内容】

【図8】



フロントページの続き

(72)発明者 大見 忠弘  
宮城県仙台市青葉区米ヶ袋2丁目1番17-  
301号

(72)発明者 飯田 精一  
兵庫県神戸市東灘区住吉山手1丁目5番3  
号

(72)発明者 加賀爪 哲  
山梨県韮崎市藤井町北下条2381番地の1  
東京エレクトロン山梨株式会社内

(72)発明者 廣瀬 潤  
山梨県韮崎市藤井町北下条2381番地の1  
東京エレクトロン山梨株式会社内

(72)発明者 宇野 富雄  
山梨県韮崎市藤井町北下条2381番地の1  
東京エレクトロン山梨株式会社内

(72)発明者 西野 功二  
大阪府大阪市西区立売堀2丁目3番2号  
株式会社フジキン内

(72)発明者 池田 信一  
大阪府大阪市西区立売堀2丁目3番2号  
株式会社フジキン内

(72)発明者 山路 道雄  
大阪府大阪市西区立売堀2丁目3番2号  
株式会社フジキン内

(72)発明者 土肥 亮介  
大阪府大阪市西区立売堀2丁目3番2号  
株式会社フジキン内

(72)発明者 出田 英二  
大阪府大阪市西区立売堀2丁目3番2号  
株式会社フジキン内

(72)発明者 廣瀬 隆  
大阪府大阪市西区立売堀2丁目3番2号  
株式会社フジキン内

(72)発明者 吉川 和博  
大阪府大阪市西区立売堀2丁目3番2号  
株式会社フジキン内

(72)発明者 小艾 睦典  
大阪府大阪市西区立売堀2丁目3番2号  
株式会社フジキン内